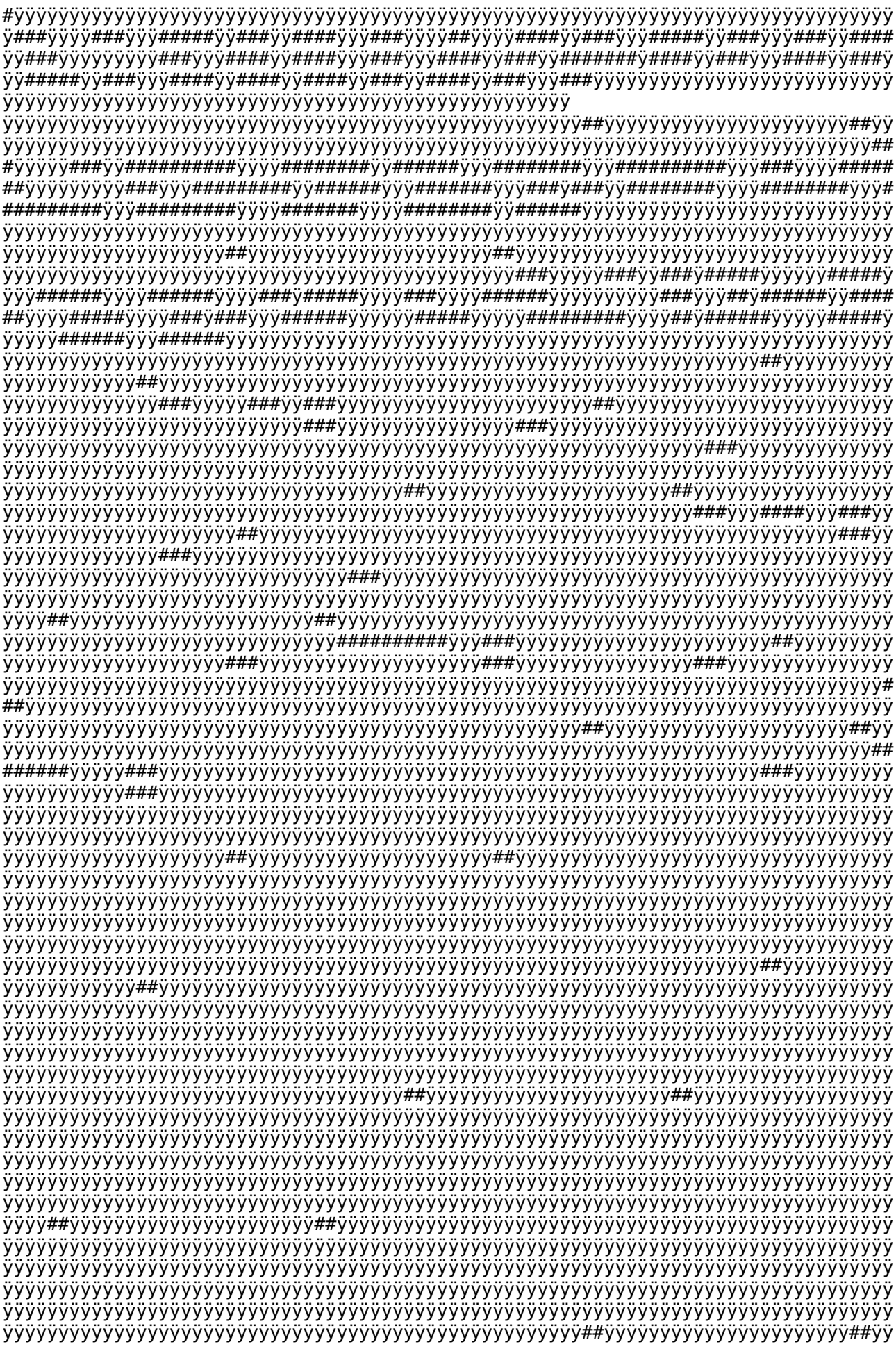

#########qp##□#######,#######d###Scalable Photonic Interconnect Achieves Reduction in Avionics Size, Weight and Power with Increased Performance and Reliability ####Nf##Nh######Î(########□###ÿÿ#####T·h#tBg###□

###@ÿ□#ÿÿd#########d#######
###@ÿ□#ÿÿd#########d#########3##□##²úë#ã###ÿÿ####ÿÿ####@ÿ□#ÿÿd#########d########
#N###Michael DorsettNAWC ADMichael S. FosterBoeing Defense & Space, Project Lead

```
#
#########
#################
#########
###@ÿ□#ÿÿd#########Z#########3##□##fõmú□ÿ□#ÿÿ####ÿÿ####@ÿ□#ÿÿd#########d########
#C###GENERAL PROBLEM:Avionics Life-Cycle costs are rising exponentially as funds
decreaseCurrent architectures fail to meet future performance, real-time,
scalability, and reliability rqmtsExisting electrical technolgies require
proprietary, complex, high power solutions with high module I/O densities and
little scalability#
```

```
#C#########################2#################C#############@ÿ□#ÿÿd#########Z####
###E###Q#□#ÿÿd#########Z#######e###Q#□#ÿÿd#########Z#######□###Q#□#ÿÿd#########Z
#########3##□##(#mú□
□#ÿÿ####ÿÿ####@ÿ□#ÿÿd#########d#############SOLUTION:Boeing Defense and Space
will:design, assemble, test, and demonstrate a Fibre Channel based connection-
oriented switch fabricdemonstrate real-time scheduling using H/W based priority
and preemptiondemonstrate processor to/from memory transactions#
```

```
###########
###############ù###########################
###@ÿ□#ÿÿd#########Z###########@ÿ□#ÿÿd#########Z#######`###Q#□#ÿÿd#########Z####
###I###Q#□#ÿÿd#########Z#######1###Q#□#ÿÿd#########Z#########1##□##hõ-
##ÿº#ÿÿ####ÿÿ####@ÿ□#ÿÿd#########d#########□###BENEFICIARIES:F/A-18F-15AH-64
Joint Strike FighterJoint Airborne Sigint System (JASS)Joint Airborne Sigint
Arch (JASA)Guardrail System IISHARP#
```

ß=####püð#□###############ýÿ####ß=##AG;øü÷v#Bú############ýÿ##T#ß=##A#pöpü□ □
#############ýÿ##Ü
ß=l#########l#####2##□##ªö□üV s#ÿÿ####ÿÿ####@ÿ□#ÿÿd#########d#############Good Potential for Large Market Base from which to Leverage COTS Products.Base Standard can Still be influenced Core Features/Functions In-Line with Basic Avionics RequirementsExtensions for Avionics are minor Compatibility/Interoperability between Avionics and Commercial Derivativesÿ

###########pöð# û##############ýÿ##□#ß=####püð#□###############ýÿ####ß=####pöð#
û##############ýÿ##l
ß=####püð#□###############ýÿ##ô#ß=##AGcùÜ÷Ø#"ú############ýÿ##□
ß=##A#Ðöpüð □#############ýÿ####÷>ø#########ø#####2##□##
÷□ü¶ s#ÿÿ####ÿÿ####@ÿ□#ÿÿd#########d#########\###Bi-directional point-to-point serial data channelHigh performance1.06 Gbaud per direction now2.12, 4.24, 8.48 Gbaud specified in FC-PH-2, 3Loosely coupled (but can support shared memory) Scaleable (>16 million nodes, distances >10 km)Reliable (hardware error detection, recovery)Optical or electrical (coax, twisted pair)Topology-independent

```
#ÿ########4#÷>ýÿ##Ä÷>####□#åÿ##åÿ########################□# üý# ü###############
#####I#%#îòký¦ø#ÿ########Ô#÷>ýÿ##¤#÷>####|
öÓÿ#÷Óÿ########################jö³üòö³ü######################×5 #
#@###:###0#0#à#F  Aþ##×5 # #@###:###0#0# #ÊõGþ□#########□#####2##□##$ökúþ
q#############T#l###K#########d#2#######"###OPEN SYSTEMS DEMONSTRATIONOPEN
SYSTEMS STANDARDIZATIONANSI X3T11 FIBRE CHANNEL AVIONICS ENVIRONMENT (FC-AE)
WORKING GROUP FEATURES TO SUPPORT REAL-TIME COMMUNICATIONPRIORITY
      SECURE KEY EXCHANGEPREEMPTION      ERROR PROCESS POLICYMULTICAST
      AVIONICS PROFILESCLOCK SYNCHRONIZATION
```

###@ÿ□#ÿÿd#########d#########1##□##äö$#ýÿp#ÿÿ####ÿÿ####@ÿ□#ÿÿd#########d#########Ð###Simpler Bus Interconnect Reduced I/O Connector Pin CountReduced Interconnect Failure (~1% of all LRU failures)Up to 100 Meters Backplane Length16 to 32 Gigabits/Second Bandwidth +Lower EMI Susceptibility

```
###########################################@ÿ□#ÿÿd#########d#########1##□##äö##Z
ü_#ÿÿ####ÿÿ####@ÿ□#ÿÿd#########d#########□###Lower Cost, Higher Performance
Reduced MaintenanceIncreased ReliabilityScaleable ArchitectureOpen Architecture
Standard Interconnect#
```

```
###########□#############@ÿ□#ÿÿd#########U###########@ÿ□#ÿÿd#########U##########
#@ÿ□#ÿÿd#########U###########@ÿ□#ÿÿd#########U###########@ÿ□#ÿÿd#########U######
#####@ÿ□#ÿÿd#########U#########1##□##Ô#
%#Z#Ñ#ÿÿ####ÿÿ####@ÿ□#ÿÿd#########d#########c###Size, Wt, Pwr/Unit BandwidthI/O
DensityReliability/Failure RateBus LengthPerformanceEMI□
```

###@ÿ□#ÿÿd#########d#########3##□##Ðù`ü□
#ýÿÿ####ÿÿ####@ÿ□#ÿÿd#########d#########.###Boeing Optical Interconnect System (BOIS) IR&D

##@ÿ□#ÿÿd#########_#########2##□##"öµûÎ
#+#ÿÿ####ÿÿ####Qÿ□#ÿÿd#########d#########h###Build on Proof-of-Concept Designs
for Engineering Model (EM) Interconnect System DevelopmentPhased Approach:
Identify COTS & Update ASICs for Form/Fit/FunctionLeverage Advanced Packaging,
Develop Modules (MCM, Hybrids, etc.) for Format E SEM Implementation.Implement
Format E SEM 16x16 Fabric ModuleValidate and Qualify Design for Demonstration
Flight Test

```
###########################################@ÿ□#ÿÿd#########_#########2##□##ªömûV
      s#ÿÿ####ÿÿ####Qÿ□#ÿÿd#########d#########Y###Continue S̄tandards
Support/InteractionComplete X3T11 Fibre Channel FC-PH-3 Review ProcessDevelop
Fibre Channel Avionics Environment ProfilesContinue Consensus Building Process
within FC-AEDemonstrate Avionics ApplicationsUtilize SORTI TestbedInvestigate
Computational Networking ConceptsUnified Network (JSF)Network of Workstations
(C4I)#
```

```
###########################################@ÿ□#ÿÿd#########_#########2##□##ªömûV
      s#ÿÿ####ÿÿ####Uÿl#ÿÿK#########d#2###########Boeing has Experience in
```

Developing and Implementing Open Standards for Avionics1553, 1773, HSDB, Futurebus+, ARINC, Fibre Channel, ...Proof-of-concept Prototype Demonstration Development will Reduce Risk for Application to Systems.Consistent and Aggressive Funding Through 2000 will Prepare Networking Technology and Designs for Avionics Program Insertion.Standard, Open System, Scaleable Network Architecture can Achieve Higher Performance and Reliability while Reducing System Complexity, Size, Weight, Maintenance, and Costs.ÿ

###@ÿ□#ÿÿd#########_#########2##□##ªö□ü#
s#ÿÿ ###ÿÿ####Uÿl#ÿÿK#########d#########æ###Work within the X3T11 Fibre Channel CommunityInfluence existing specifications under development (not creating new standards)Define basic features and functions that enable compliance with widest range of avionics requirements.

#)#########)#################)#########)###@ÿ□#ÿÿd#########_#########2##□##ªöµû#
3#ÿÿ####ÿÿ####Qÿ□#ÿÿd#########d#########□###Through -Standard Interface &
ProtocolCommercially Supported Technologies & ToolsetsWhich Provides -Minimized
Development & Integration CostsSimplified System UpgradesMinimized Impact of
Technology ObsolescenceInteroperable Multi-sourced ProductsImproved Product
Verification through Widespread UseCOTS Tools which Minimize Cost of Tool
Development & MaintenanceMinimized Sustaining Engineering Costs

```
#;#########;#################;#############@ÿ□#ÿÿd#########F###########@ÿ□#ÿÿd##
#######F###########@ÿ□#ÿÿd#########F#########1##□##5úd##ÿ¨#ÿÿ####ÿÿ####@ÿ□#ÿÿd##
#######d#########C###FC-PH (ANSI X3.230)Fibre Channel Physicaland Signalling
Interfaceÿ
```

```
##########################################@ÿ□#ÿÿd#########_#########2##□##ªö□üV
      s#ÿÿ####ÿÿ####Qÿ□#ÿÿd#########d#########¿###Proposals Developed/Submitted
and Included in Draft FC Specifications Defining Functions For:ProtocolsReal-
Time SupportFault Tolerance & Security SupportClock
Distribution/Synchronization#
```

###@ÿ□#ÿÿd#########_#########2##□###øiü□
#O#ÿÿ####ÿÿ####Qÿ□#ÿÿd#########d#########□###PriorityFor All Classes of Service
8-Bit Parameter in HeaderSupports RT Scheduling AlgorithmsPreemptionConnection
Oriented (Class 1 or 4)Priority Based

###@ÿ□#ÿÿd#########_#########2##□##ªö□üV
s#ÿÿ####ÿÿ####Qÿ□#ÿÿd#########d#########□###Hunt GroupsRedundant Ports with Automatic ReroutingMulticast GroupsServer Manages GroupsTime-outsOption for Nanosecond Resolution

```
###########################################@ÿ□#ÿÿd#########_#########2##□##ªö□üV
      s#ÿÿ####ÿÿ####Qÿ□#ÿÿd#########d#########´###Key Exchange & Distribution
Distribution and Secret Key Exchange ProtocolCryptographic AlgorithmRC4
Recommended, Specific Algorithm Not RequiredData TransferUtilizes Secret Key
```

###@ÿ□#ÿÿd#########_#########2##□##Àöäú
Ê#ÿÿ####ÿÿ####Qÿ□#ÿÿd#########d#############Synchronization Mechanisms
Synchronization PrimitiveFabric Based Capable of Nanosecond AccuracyExtended
Link Service (ELS)Node BasedFabric SynchronizationAll Nodes Synchronized to
FabricSupports Segmented FabricSynchronization ProtocolBased on Accurate
Propagation Delay Calc.

```
###########################################@ÿ□#ÿÿd#########_#########2##□##ªö□üV
      s#ÿÿ####ÿÿ####Uÿl#ÿÿA#########d#########ë###Support Standards Approval
ProcessDevelop Avionics ProfileSpecify Minimum Set of Required Functions for
Avionics ApplicationsFC-0 Through FC-4Two Application Types IdentifiedClass 1
Connected ServiceClass 3 Connectionless Service#
```

###@ÿ□#ÿÿd#########_#########2##□##r÷eú#
û#ÿÿ####ÿÿ####Qÿ□#ÿÿd#########d#############Mass Storage InterconnectPCs and
Workstations to Disk#(Sun, Digital, Compaq)General NetworkingPCs and
Workstations to each other#(HP, IBM)Backbone NetworkServer-to-Server#(Ancor,
Emulex, Radway)Information Servershttp://www.cern.ch/HSI/fcshttp://www-atp.llnl.gov/atp/telcom.html

```
# ######### ################# ######### ###@ÿ□#ÿÿd#########_#########2##□##Döòú`
Æ#ÿÿ ###ÿÿ####Uÿl#ÿÿK#########d#########M###Lockheed Martin Astronautics1 Gb/s
point-to-point link on classified satelliteMcDonnell Douglass AerospaceAH-64
Apache Helicopter video linkF-15 Avionics upgradesF/A-18 High-speed box-to-box
interconnectE-SystemsIsochronous Slotted-Loop for USAFPoint-to-point network
terminal linkOpen Systems Joint Task Force Demonstration5
```

###@ÿ□#ÿÿd#########_#########2##□##0÷FúÁ
      l#ÿÿ####ÿÿ####Qÿ□#ÿÿd#########d#########ÿ###Mission: #Promote industry awareness, acceptance, and advancement of Fibre Channel, accelerating the use of Fibre Channel products and services, worldwide.
http://www.amdahl.com/ext/CARP/FCA/FCA.html60+ MembersPrincipal: Adaptec, AMCC, Amdahl, Ancor, AT&T, Compaq, Cypress, DEC, Dynatek, Emulex, ESL, Fujikura, HP (3), IBM (4), Intel, Interphase, Methode, Panasonic, Power I/O, Seagate, Siemens, Storage Tek, Sun, TriQuint, Unisys, Western DigitalAssociate: Ancot, Ciprico, Computer Network Technology, Data General, Data Switch, EMC, GEC, IBM, Jaycor, LSI, Motorola, NSG, Radway, RHK, Samsung, Seastar Optics, Sequent, Sony, Storage Computer, Vitesse, VLSIEducational: Argonne, AHPCRC, Battelle, CERN, Colorado State, ETRI, JHU/APL, LLNL, University of Minnesota#

###@ÿ□#ÿÿd#########_#########2##□##ªö□üV
s#ÿÿ####ÿÿ####Uÿl#ÿÿK#########d#########B###Avionics industry sees need to move to open, commercial standardsFibre Channel seen as best candidate by many avionics developers/integratorsFC-AE WG incorporating avionics requirements into standards and profilesSignificant benefit to commercial and military avionics through development and life cycle costs reduction

###@ÿ□#ÿÿd#########_#########2##□##ªö□üV
s#ÿÿ####ÿÿ####Uÿl#ÿÿK#########d#########h###What Is Fibre Channel?, by Jan Dedek, Ancot and Gary Stephens, FSI Consulting Fibre Channel, Volume 1, The Basics, by Jan Dedek, Ancot and Gary Stephens, FSI Consulting The Fibre Channel Bench Reference, by Jeffrey D. Stai, ENDL Publications ISBN 1-879936-17-8, contact dal_allan@mcimail.com Fibre Channel, by Alan F. Benner, McGraw Hill ISBN 0-07-005669-2

##@ÿ□#ÿÿd#########_#########2##□##ªö□üV s#ÿÿ####ÿÿ####Uÿl#ÿÿK#########d############Anderson, T.M.; Cornelius, R.S., □High-performance Switching with Fibre Channel□, Digest of Papers, COMPCON Spring 1992, IEEE Computer Society Press.Dal Allen, I.; Frymoyer, E., □Fibre Channel Can Break the Datacom Gridlock□, Electronic Design, vol. 41, no. 9, p. 87-90, 92, 94-5.Fahey, Michael, □From Local to Global: Surveying the Fiber Landscape□, Telecommunications, vol. 27, no. 11, p. 33(4). Frymoyer, E., □Fibre Channel Application Profiles, FCSI and FCA□, Proceedings of COMPCON □94, IEEE Computer Society Press.#

```
###########################################@ÿ□#ÿÿd#########_#########2##□##I÷%ûõ
      ##ÿÿ####ÿÿ####Qÿ□#ÿÿd#########d#########q###FCA Seminar Handouts
http://www.amdahl.com/ext/CARP/FCA/FCA.html#educationFibre Channel Group6
Training Tracks Covering Business, Architecture, Technical Details, S/W Drivers,
Physical Layer, & Real-Timehttp://www.fcgroup.comSolution TechnologyCourses on
Introduction to Fibre Channel, FC Arbitrated Loop, and FC-4 Mapping
http://www.webventure.com/st/courses.html#
```

###@ÿ□#ÿÿd#########_#########2##□##ªömûV
s#ÿÿ####ÿÿ####Aÿ□#ÿÿd#########d#########9###CLICK TO EDIT MASTER TEXT STYLESSECOND LEVELThird level#

```
ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ#####ÿÿÿÿ######################ÿ#####################################
################################################################################
##########ÿ#####################################################################
#############################################ÿ##################################
################################################################################
####################################ÿÿ##########################################
#####################################ÿÿÿÿ#######################################
#######################################################################ÿÿÿ######
ÿ###############################################################################
#############################################################ÿÿ###########ÿ#####
################################################################################
################################################################################
################################################################################
####################################################ÿÿ#ÿ#ÿ#ÿ####################
##############################################ÿÿÿÿÿÿ########ÿ##########ÿÿÿÿÿÿÿÿÿ
ÿÿÿÿÿ########ÿÿÿÿÿÿÿÿÿ#ÿÿÿÿ#####ÿÿÿÿÿÿÿ###ÿÿÿÿÿÿÿÿÿ#ÿÿÿÿ##############ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ
ÿÿÿÿÿÿ######ÿÿÿÿÿÿÿÿÿ#ÿÿÿÿ#####ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ########ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ##################ÿ#
################################################################################
################################################################################
################################################################################
################################################################################
################################################################################
################################################################################
################################ÿ######################ÿÿÿÿÿ######ÿÿÿÿÿ####ÿÿÿÿ#
#####ÿÿÿÿÿ###ÿÿÿÿÿÿ###############ÿÿÿÿ################ÿÿÿÿ########ÿÿÿÿÿ####ÿÿÿÿ
ÿÿ#####ÿÿÿÿÿ####ÿÿÿÿ#####ÿÿÿÿ######################ÿ############################
################################################################################
###################ÿ############################################################
######################################################ÿ#########################
################################################################################
#############################################ÿÿÿ################################
##############################################ÿÿÿÿ##############################
################################################################################
ÿÿÿ#####ÿ#######################################################################
###################################################################ÿÿÿ##########
###ÿ############################################################################
################################################################################
################################################################################
#############################################################ÿ#ÿ#ÿ#ÿÿ###########
#######################################################ÿÿÿÿÿÿ########ÿ##########
ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ#####ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ#####ÿÿÿÿÿÿÿ##ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ##############ÿ
ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ####ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ####ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ######ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ##########
#######ÿ########################################################################
################################################################################
################################################################################
################################################################################
################################################################################
################################################################################
#########################################ÿ#####################ÿÿÿÿÿ#########ÿÿÿ
ÿ###ÿÿÿÿ#####ÿÿÿÿÿ#####ÿÿÿÿÿ###############ÿÿÿÿ################ÿÿÿÿ########ÿÿÿÿ#
######ÿÿÿÿ####ÿÿÿÿÿ######ÿÿÿÿ##############################ÿ####################
################################################################################
###########################ÿ####################################################
##############################################################ÿ#################
################################################################################
#####################################################ÿÿÿ########################
######################################################ÿÿÿÿ######################
################################################################################
########ÿÿÿ#####ÿ###############################################################
#########################################################################ÿÿ#####
###########ÿ####################################################################
################################################################################
```

```
ÿÿ################################################################ÿÿÿÿÿ#######
##ÿÿÿÿÿÿ########ÿÿ#ÿ##ÿÿÿ####################################ÿÿ##############
######ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ#ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ####################################
########################ÿÿÿ######ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ#####################################
############################################################################ÿÿ
ÿÿÿ###########################################################################
################ÿÿ############################################################
##############################################################################
##############################################################################
##############################################################################
#####ÿÿÿÿÿÿ###################################################################
##############################################################################
##############################################################################
##############################################################################
##############################################################################
##############################################################################
##############################################################################
##############################################################################
##############################################################################
##############################################################################
##############################################################################
##############################################################################
##############################################################################
###################ÿ###########################################ÿ###ÿ####ÿÿ#ÿÿÿ###
###########ÿÿÿÿÿ##ÿÿ######ÿ###ÿÿÿ#ÿÿÿ#ÿÿ#ÿÿÿ####ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ###
ÿÿ##########################################################################ÿÿ
ÿ#########ÿÿÿÿÿÿ########ÿÿ#ÿÿÿÿ#########################################ÿÿ#######
###############ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ#ÿÿ#ÿÿ#ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ##########################
#################################ÿÿÿ######ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ############################
##############################################################################
######ÿ###ÿ###################################################################
########################ÿÿ#####################################################
##############################################################################
##############################################################################
##############################################################################
#############ÿÿÿÿÿÿ############################################################
##############################################################################
##############################################################################
##############################################################################
##############################################################################
##############################################################################
##############################################################################
##############################################################################
##############################################################################
##############################################################################
##############################################################################
##############################################################################
##############################################################################
###########################ÿ#########################################ÿ###ÿ####ÿ
ÿ#ÿÿÿ##############ÿÿÿÿÿÿ##ÿÿ######ÿ###ÿÿÿ#ÿÿÿ#ÿÿ#ÿÿÿ####ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ
ÿÿÿÿÿ###ÿÿ####################################################################
######ÿÿÿ#########ÿÿÿÿÿÿ########ÿÿ#ÿÿÿÿ#######################################ÿ
ÿ#######################ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ#ÿÿ#ÿÿ#ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ##################
########################################ÿÿÿ######ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ####################
##############################################################################
##############ÿ###ÿ############################################################
################################ÿÿ############################################
##############################################################################
##############################################################################
##############################################################################
##################ÿÿÿÿÿÿ########################################################
##############################################################################
```

```
ÿ############ÿÿÿ#######ÿÿÿ####ÿÿÿ#############ÿÿÿÿÿÿÿ######ÿÿÿÿ#######ÿÿÿ####ÿ
ÿÿ###########ÿÿÿ#######ÿÿÿ##########################ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ################
##########ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ################################################
########################################ÿ###ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ
ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ#########
#########ÿÿÿÿ#########ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ######################ÿ###ÿÿÿ#ÿÿ###ÿ#ÿÿ###
#####ÿÿÿ####ÿ###ÿÿ#######ÿ######ÿ####ÿÿ###ÿ###ÿ###############################
#####################################ÿÿ#######ÿÿÿ##################ÿÿÿÿÿÿÿ####
####################################ÿ#########################################
######ÿ###################ÿÿÿ#ÿÿ####ÿÿ#ÿÿÿ###ÿÿÿ###########ÿÿÿÿ#######ÿÿÿ####ÿ
ÿÿ#######ÿÿÿ######ÿÿÿÿÿÿÿ#######ÿÿÿÿÿÿ####ÿÿÿ####ÿÿÿ##ÿÿÿÿ######ÿÿÿ######ÿÿÿÿÿ
ÿÿÿ#######ÿÿÿ################################ÿ#ÿ#ÿ#ÿ#ÿ#ÿ######################
##############################################################################
#######ÿÿÿÿÿÿ#############################################ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ####
###ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ###ÿ####ÿ#######ÿÿ####ÿÿÿ###ÿ######ÿ#####ÿÿ##########ÿ####
###ÿÿ#ÿ###ÿÿ####ÿÿÿ#ÿ#####ÿ######ÿÿÿÿÿÿÿÿ####ÿÿ###ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ
ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ########ÿÿÿÿÿÿ#ÿ################################################
##################################ÿÿ#ÿ##ÿ#######ÿ###ÿÿ########ÿÿ##ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ##
ÿ########ÿÿÿ###ÿ##ÿ###ÿ##ÿ#ÿÿ#ÿÿ##############################################
##############################################################################
##############################################################################
##############################################################################
##############################################################################
##############################################################################
#################################ÿ##############ÿÿÿ###ÿÿÿÿÿÿ####ÿÿÿ#######ÿÿÿ#
######ÿÿÿ#############ÿÿÿ#######ÿÿÿ####ÿÿÿ#############ÿÿÿÿÿÿ#########ÿÿÿ####ÿ
ÿÿÿ####ÿÿÿ############ÿÿÿ#######ÿÿÿ########################ÿ#ÿÿÿÿÿ#ÿ#ÿ########
################ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ###########################################
#################################ÿ#ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ
ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ#############
###############ÿÿÿÿ##########ÿÿÿÿÿÿÿÿ#ÿ###########################ÿ###ÿÿÿÿÿÿ##
#ÿ#ÿÿ##############ÿ###ÿÿ########ÿ######ÿ########ÿ############################
##############################################ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ
#####################ÿ########################################################
##############ÿ####################ÿÿÿÿÿ####ÿÿÿÿÿ###ÿÿÿ#############ÿÿÿ######ÿ
ÿÿÿ####ÿÿÿ#######ÿÿÿ######ÿÿÿÿÿÿ########ÿÿÿÿÿÿ####ÿÿÿ####ÿÿÿ####ÿÿÿ####ÿÿÿÿ###
####ÿÿÿÿÿÿ########ÿÿÿ################################ÿÿ#ÿ#ÿ#ÿÿ################
##############################################################################
###############ÿÿÿÿÿÿ#########################################ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ
##########ÿÿÿÿÿ##ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ#ÿÿÿ##ÿÿ#####ÿÿ###ÿÿ#ÿÿÿ#ÿÿ#ÿÿÿ#ÿÿÿÿ##ÿ#ÿÿ#
ÿÿ#ÿÿÿÿ######ÿ###ÿÿÿÿ#ÿÿ###ÿÿ######ÿÿ##############################ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ
ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ###########################################################
##############################################################################
##############################################################################
##############################################################################
##############################################################################
##############################################################################
##############################################################################
##############################################################################
#########################################ÿ#############ÿÿÿ###ÿÿÿÿÿ#####ÿÿÿ####
####ÿÿÿ#######ÿÿÿ############ÿÿÿ######ÿÿÿÿ####ÿÿÿ#############ÿÿÿÿÿ#########ÿÿ
ÿÿ####ÿÿÿÿ#####ÿÿÿ###########ÿÿÿÿ#####ÿÿÿÿ#########################ÿÿ#ÿÿÿ#ÿ#ÿÿ
#####################ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ######################################
#########################################ÿ#ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ
ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ##############
######################ÿÿÿÿ###########ÿÿÿÿÿÿ###ÿ###########################ÿ###
ÿÿÿÿÿÿ###ÿ#ÿÿ##############ÿ###ÿÿ########ÿ######ÿ########ÿ####################
######################################################ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ
ÿÿÿÿÿÿÿÿ############################################ÿ#########################
#####################ÿ#####################ÿÿÿÿÿ####ÿÿÿÿÿ###ÿÿÿ#############ÿÿ
ÿÿ####ÿÿÿÿ#####ÿÿÿ######ÿÿÿ#######ÿÿÿÿÿ########ÿÿÿÿÿ#####ÿÿÿ####ÿÿÿ###ÿÿÿÿ####
ÿÿÿÿ########ÿÿÿÿÿÿ########ÿÿÿ################################ÿ#ÿ#ÿ#ÿ#ÿ########
```

```
#Avionics Bus###########r#####.#######  ###########ÿÿÿ##############  #####
      ###########ÿÿÿ############.#######
      #################û#Èÿ######□#########Helvetica##©####-#M####### #k
      ###!###Super########### #û   ####.#######     #################-
#M#######à#k     ####!#
#Processing##########à#v
####.#######     #################-#M####### #k          ###!
###Center########## #
####.#######     ###########ÿÿÿ##############  ##### ###########ÿÿÿ#######
#####.#######    #################û#Ðÿ######□#########Helvetica##©####-
#N#######□#á#####!###Photonic Port(s)##########□#-#####.#######
      ###########ÿÿÿ###############  ##### ###########ÿÿÿ############.#######
      #################û#Ðÿ######¼#########Helvetica##©####-#O#######F#□#####!
###  ##########F#□#####.#######    ###########ÿÿÿ####################
      ###########ÿÿÿ#####    ###########ÿÿÿ#####ú################-
#P#####ð#H#####ü###ÿÿÿ########-#H#######Ø#□¨#######.####### ###########ÿÿÿ#######
#######    ##### ###########ÿÿÿ#####-#######ð#H############.#######
      #################û# ÿ######¼#########Helvetica##©####-#H#######2###(###!
#C#Scalable Photonic Interconnect Achieves Reduction in Avionics
Size,##########2######.#######    #################-#H#######¦#«#$###!
#;#Weight and Power with Increased Performance and Reliability##########¦#\
```